

Peramalan *Outflow* Uang Pecahan di Jawa Timur Menggunakan *Generalized Space Time Autoregressive* (GSTAR)

Rahmah Safitri, Setiawan, dan Imam Safawi Ahmad

Jurusan Statistika, Fakultas MIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: rahmah.safitri27@gmail.com, setiawan@statistika.its.ac.id, safawi@statistika.its.ac.id

Abstrak—Tahun 2015 khususnya saat Hari Raya Lebaran jumlah uang beredar mencapai 17,1 Triliun rupiah. Peredaran uang di Jawa Timur didominasi oleh uang pecahan. Uang pecahan yang beredar di masyarakat merupakan *outflow* dari Bank. Pada waktu tertentu seperti bulan terjadinya Hari Raya Idul Fitri, *outflow* uang pecahan mempunyai jumlah yang tinggi dibandingkan bulan biasanya. Untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan ketersediaan uang pecahan rupiah layak edar Bank Indonesia melakukan kebijakan dengan melakukan peramalan. Metode peramalan yang dapat digunakan untuk meramalkan *outflow* uang pecahan adalah GSTAR yang memperhatikan keterkaitan antar lokasi pada waktu tertentu. Dilakukan peramalan terhadap *outflow* uang pecahan 100 ribu dan 2 ribu menggunakan Time Series Regression dan GSTAR-SUR. Lokasi pengamatan di KPw BI Surabaya, Kediri, Malang, dan Jember. Model Time Series Regression dengan efek variasi kalender lebih baik meramalkan *outflow* uang pecahan 100 ribu dan 2 ribu, model GSTAR belum dapat menangkap pola data sebenarnya.

Kata Kunci— GSTAR, Jawa Timur, *Outflow*, Uang Pecahan.

I. PENDAHULUAN

Uang rupiah merupakan alat pembayaran yang sah di Negara Indonesia. Kebijakan tentang beredarnya uang di Indonesia diatur oleh Bank Indonesia (BI) yaitu memenuhi kebutuhan masyarakat akan ketersediaan uang rupiah layak edar [1]. Kebijakan terhadap jumlah uang beredar bertujuan untuk menjaga keseimbangan makro ekonomi dengan menekan laju inflasi, meningkatkan laju pertumbuhan ekonomi, dan menyeimbangkan neraca pembayaran.

Jawa Timur merupakan provinsi dengan jumlah uang beredar mencapai 17,1 Triliun rupiah pada tahun 2014 saat Hari Raya Idul Fitri atau 105% dari estimasi 16,27 triliun. [2], sehingga perlu dilakukan kebijakan dengan pengendalian jumlah uang beredar. Kebijakan yang telah dilakukan BI salah satunya adalah melakukan peramalan [3]. Model ramalan yang baik, dibutuhkan untuk mewujudkan keseimbangan makro ekonomi.

Penelitian tentang peramalan jumlah uang beredar di Indonesia pernah dilakukan tahun 2009 yang menghasilkan model ARIMA (1,1,0) (1,1,0)¹² untuk komponen uang kartal terhadap giro [4]. Penelitian yang pernah dilakukan terhadap uang di Indonesia yaitu *inflow* dan *outflow* uang kartal. *Inflow* merupakan informasi mengenai aliran uang kertas dan uang logam yang masuk dari perbankan dan masyarakat ke BI, sedangkan *outflow*

merupakan informasi mengenai aliran uang kertas dan uang logam yang keluar dari BI kepada perbankan dan masyarakat. Penelitian tentang peramalan uang kartal dapat dilakukan secara multivariat. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah GSTAR (*Generalized Space Time Autoregressive*), metode ini digunakan untuk meramalkan dengan memperhatikan lokasi yang heterogen. Penelitian menggunakan GSTAR pernah dilakukan terhadap data minyak bumi di tiga lokasi dengan hasil bahwa model GSTAR lebih baik meramalkan minyak bumi di tiga lokasi dibandingkan dengan VARIMA [5].

Uang pecahan mempunyai daya tarik yang kuat pada waktu tertentu seperti Hari Raya Idul Fitri dan hari besar lainnya, hal tersebut menyebabkan *outflow* uang pecahan pada waktu tertentu tinggi dan mempunyai pola fluktuatif. Untuk mengendalikan *outflow* uang pecahan di Jawa Timur dilakukan peramalan terhadap uang pecahan berdasarkan *outflow* di BI tiap KPw.

Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa model GSTAR menghasilkan ramalan lebih baik daripada model VARIMA untuk meramalkan secara multivariate [5], sehingga dalam penelitian ini menggunakan GSTAR untuk meramalkan *outflow* uang pecahan 100 ribu dan 2 ribu di Jawa Timur, kemudian menentukan model terbaik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Model GSTAR

Model GSTAR (*Generalized Space Time Autoregressive*) merupakan perkembangan dari model STAR (*Space Time Autoregressive*) dan merupakan spesifikasi dari model VAR (*Vector Autoregressive*) [6]. Model GSTAR mempunyai lokasi pengamatan yang bersiat heterogen yang ditunjukkan dengan matrik pembobot. Bentuk model GSTAR secara umum pada orde p dan orde spasial $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$ adalah

$$\mathbf{Z}(t) = \sum_{s=1}^p \left[\Phi_{s0} + \sum_{k=1}^{\lambda_s} \Phi_{sk} \mathbf{W}^{(k)} \right] \mathbf{Z}(t-s) + \mathbf{e}(t), \quad (1)$$

dengan

$\mathbf{Z}(t)$: vektor observasi pada waktu ke t

λ_s : orde spasial dari autoregresi ke s

Φ_{s0} : *diag* ($\phi_{s0}^1, \dots, \phi_{s0}^N$) matriks koefisien parameter waktu

Φ_{sk} : *diag* ($\phi_{sk}^1, \dots, \phi_{sk}^N$) matriks koefisien parameter spasial

$\mathbf{W}^{(k)}$: matriks pembobot

$$w_{ii}^k = 0 \text{ dan } \sum_{i \neq j} w_{ij}^k = 1$$

$\mathbf{e}(t)$: komponen *error* yang memenuhi asumsi *white noise*.

Persamaan model GSTAR dengan orde waktu k dan spasial 1 dalam bentuk matriks dengan pengamatan di 4 lokasi adalah

$$\begin{bmatrix} Z_1(t) \\ Z_2(t) \\ Z_3(t) \\ Z_4(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \phi_{10} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \phi_{20} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \phi_{30} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \phi_{40} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_1(t-k) \\ Z_2(t-k) \\ Z_3(t-k) \\ Z_4(t-k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \phi_{11} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \phi_{21} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \phi_{31} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \phi_{41} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & w_{12} & w_{13} & w_{14} \\ w_{21} & 0 & w_{23} & w_{24} \\ w_{31} & w_{32} & 0 & w_{34} \\ w_{41} & w_{42} & w_{43} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_1(t-k) \\ Z_2(t-k) \\ Z_3(t-k) \\ Z_4(t-k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_1(t) \\ a_2(t) \\ a_3(t) \\ a_4(t) \end{bmatrix} \quad (2)$$

Mengidentifikasi model GSTAR hanya dibatasi menggunakan orde spasial satu karena jika lebih dari satu akan sulit diinterpretasikan. Penentuan orde model GSTAR menggunakan plot MCCF dan MPCCF.

Pemilihan bobot lokasi pada model GSTAR menunjukkan bahwa pengamatan antar lokasi mempunyai sifat yang heterogen. Terdapat tiga jenis penentuan bobot lokasi yaitu bobot lokasi seragam, invers jarak, dan normalisasi korelasi silang. Bobot normalisasi korelasi silang merupakan bobot yang bersifat fleksibel karena memungkinkan semua bentuk hubungan antar lokasi.

Bobot normalisasi korelasi silang menggunakan inferensia statistik terhadap korelasi silang untuk penentuan bobot lokasinya [7,8]. Secara umum korelasi silang antara lokasi ke- i dan ke- j pada lag waktu ke- k diberikan sebagai [9]

$$\rho_{ij}(k) = \frac{\gamma_{ij}(k)}{\sigma_i \sigma_j}, \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (3)$$

Dengan $\gamma_{ij}(k)$ merupakan kovarian silang antara pengamatan di lokasi ke- i dan ke- j , σ_i dan σ_j merupakan standar deviasi antara pengamatan di lokasi ke- i dan ke- j . Taksiran dari korelasi silang pada sampel dapat dinyatakan dalam bentuk

$$r_{ij}(k) = \frac{\sum_{t=k+1}^n [Z_i(t) - \bar{Z}_i][Z_j(t-k) - \bar{Z}_j]}{\sqrt{\left(\sum_{t=1}^n [Z_i(t) - \bar{Z}_i]^2 \right) \left(\sum_{t=1}^n [Z_j(t) - \bar{Z}_j]^2 \right)}} \quad (4)$$

Penentuan bobot lokasi dapat dilakukan melalui normalisasi dari hasil besaran-besaran korelasi silang antar lokasi pada waktu yang bersesuaian. Proses ini menghasilkan bobot lokasi untuk model GSTAR yaitu

$$w_{ij}(k) = \frac{r_{ij}(k)}{\sum_{j \neq i} |r_{ij}(k)|}, \quad (5)$$

dengan $i \neq j$ dan bobot ini memenuhi $\sum_{i \neq j} |w_{ij}| = 1$.

B. Estimasi Parameter Model GSTAR

Estimasi parameter pada model GSTAR menggunakan GLS (*Generalized Least Square*), dengan memperhatikan adanya korelasi dari residual antar persamaan. GLS sering digunakan dalam model SUR (*Seemingly Unrelated Regression*) dengan model terdiri dari beberapa persamaan regresi yang residualnya tidak saling berkorelasi dan tidak terjadi autokorelasi. Asumsi yang harus dipenuhi adalah $E(\varepsilon) = 0$ dan $E(\varepsilon'\varepsilon) = \sigma_{ij}\mathbf{I}_T$. Memperhatikan struktur varian kovarian persamaan SUR, maka nilai $E(\varepsilon'\varepsilon) = \Sigma \otimes \mathbf{I}_T = \Omega$. Estimasi parameter

model SUR dengan metode GLS memerlukan invers matriks varian kovarian residual, sehingga diperoleh estimator tak bias $\hat{\beta}$ menggunakan GLS yaitu

$$\begin{aligned} \hat{\beta} &= [\mathbf{X}'\Omega^{-1}\mathbf{X}]^{-1} \mathbf{X}'\Omega^{-1}\mathbf{Z} \\ &= [\mathbf{X}'(\Sigma \otimes \mathbf{I})^{-1}\mathbf{X}]^{-1} \mathbf{X}'(\Sigma \otimes \mathbf{I})^{-1}\mathbf{Z} \\ &= [\mathbf{X}'\Sigma^{-1} \otimes \mathbf{I}\mathbf{X}]^{-1} \mathbf{X}'\Sigma^{-1} \otimes \mathbf{I}\mathbf{Z} \end{aligned} \quad (7)$$

Hasil estimasi parameter digunakan untuk meramalkan menggunakan model GSTAR. Peramalan model GSTAR yaitu

$$\hat{\mathbf{Z}}_{i,T}(l) = \sum_{k=1}^p \left[\Phi_{k0} \mathbf{Z}(t-k) + \sum_{l=1}^{\lambda_p} \Phi_{kl} \mathbf{W}^{(l)} \mathbf{Z}(t-k) \right] \quad (8)$$

C. Time Series Regression

Model *time series regression* memiliki beberapa unsur, yaitu unsur tren dengan persamaan

$$Z_t = \gamma_1 t + \varepsilon_t \quad (9)$$

Data yang memiliki pola musiman dapat dituliskan

$$Z_t = \beta_1 M_{1,t} + \beta_2 M_{2,t} + \dots + \beta_{12} M_{12,t} + \varepsilon_t \quad (10)$$

Data dengan variasi kalender dapat dimodelkan menggunakan regresi linier dengan persamaan

$$\begin{aligned} Z_t &= \delta_1 L_{1,t-1} + \delta_2 L_{1,t} + \delta_3 L_{2,t-1} + \delta_4 L_{2,t} \\ &+ \delta_5 L_{3,t-1} + \delta_6 L_{3,t} + \delta_7 L_{4,t-1} + \delta_8 L_{4,t} + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (11)$$

Sehingga jika data memiliki unsur tren, musiman dan variasi kalender akan mengikuti persamaan

$$\begin{aligned} Z_t &= \gamma_1 t + \beta_1 M_{1,t} + \beta_2 M_{2,t} + \dots + \beta_{12} M_{12,t} \\ &+ \delta_1 L_{1,t-1} + \delta_2 L_{1,t} + \delta_3 L_{2,t-1} + \delta_4 L_{2,t} \\ &+ \delta_5 L_{3,t-1} + \delta_6 L_{3,t} + \delta_7 L_{4,t-1} + \delta_8 L_{4,t} + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (12)$$

dengan L_{it} adalah variabel *dummy* untuk efek variasi kalender minggu ke- i bulan ke- t dengan $i = 1, 2, 3, 4$ dan $M_{m,t}$ adalah variabel *dummy* bulan ke- m dengan $m = 1, 2, \dots, 12$.

D. Pemilihan Model Terbaik

Pemilihan model terbaik dilakukan jika terdapat lebih dari satu model deret waktu yang layak dipakai dan berdasarkan pada data *out sample*. Kriteria pemilihan model menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE), semakin kecil nilai RMSE maka semakin besar kemungkinan suatu model tersebut layak dipilih. Formula RMSE diberikan dengan [10]

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{l=1}^M (Z_{n+l} - \hat{Z}_n(l))^2} \quad (13)$$

E. Outflow Uang Pecahan

Uang pecahan terdiri atas pecahan uang kertas (UK) dan pecahan uang logam (UL). Pecahan uang kertas terdiri dari pecahan 1000 rupiah, 2000 rupiah, 5000 rupiah, 10 ribu rupiah, 20 ribu rupiah, 50 ribu rupiah, dan 100 ribu rupiah serta pecahan uang logam terdiri dari 50 rupiah, 100 rupiah, 200 rupiah, 500 rupiah, dan 1000 rupiah [1]. *Outflow* uang rupiah merupakan informasi mengenai banyaknya aliran uang kertas dan uang logam yang keluar dari BI kepada perbankan dan masyarakat BI. *Outflow* uang rupiah terdiri atas penarikan bank umum, penarikan non-bank, kas keliling dalam rangka penukaran, penarikan dalam rangka kas titipan di bank umum, dan penarikan lainnya.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang didapat dari Bank Indonesia. Data yang digunakan merupakan data uang pecahan 100 ribu rupiah dan 2 ribu rupiah. Pengamatan dilakukan di empat lokasi KPw BI yaitu Surabaya, Kediri, Malang, dan Jember. Periode pengamatan yaitu bulanan dari Januari 2010 sampai Desember 2015.

B. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini $Z_{i,m}(t)$, dengan $i = 1, 2, 3, 4$ merupakan banyaknya lokasi pengamatan, $m = 1, 2$ menyatakan jenis uang pecahan yang diamati, dan $t = 1, 2, \dots, 72$ merupakan periode waktu pengamatan. Variabel dummy yang digunakan dalam pemodelan *time series regression* adalah

$$L_{i,t-1} = \begin{cases} 1, & \text{bulan ke-}(t-1) \text{ hari Raya Idul Fitri pada minggu ke-} i \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases}$$

$$L_{i,t} = \begin{cases} 1, & \text{bulan ke-} t \text{ hari Raya Idul Fitri pada minggu ke-} i \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases}$$

dengan $i = 1, 2, 3, 4$.

C. Langkah Analisis

Tahapan analisis yang dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut :

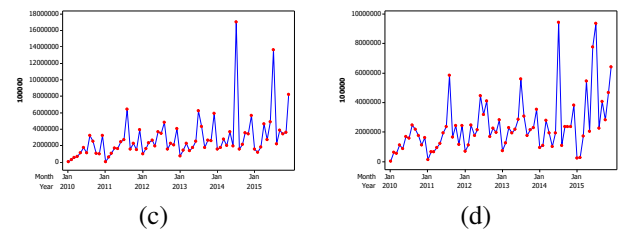
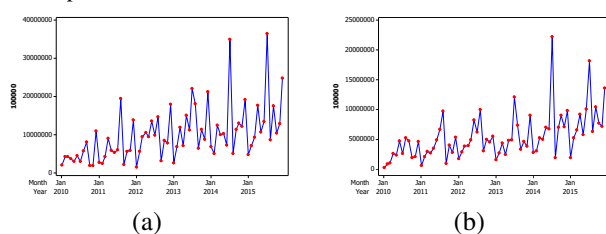
1. Mengidentifikasi pola data *outflow* uang pecahan di empat lokasi pengamatan menggunakan *time series plot*.
2. Membagi data penelitian menjadi data *in sample* yaitu Januari 2010-Desember 2014 dan *out sample* yaitu Januari-Desember 2015.
3. Melakukan pemodelan data *outflow* uang pecahan di empat KPw BI Jawa Timur secara univariat menggunakan *time series regression* dan multivariat menggunakan GSTAR.
4. Menentukan model terbaik berdasarkan nilai RMSE *out sample* terkecil.
5. Melakukan peramalan *outflow* uang pecahan di empat KPw BI Jawa Timur.

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis dan pembahasan dalam penelitian ini terdiri atas karakteristik data *outflow* uang pecahan 100 ribu dan 2 ribu, pemodelan *outflow* uang pecahan menggunakan GSTAR-SUR dan *time series regression* serta menentukan model terbaik.

A. Karakteristik Outflow Uang pecahan

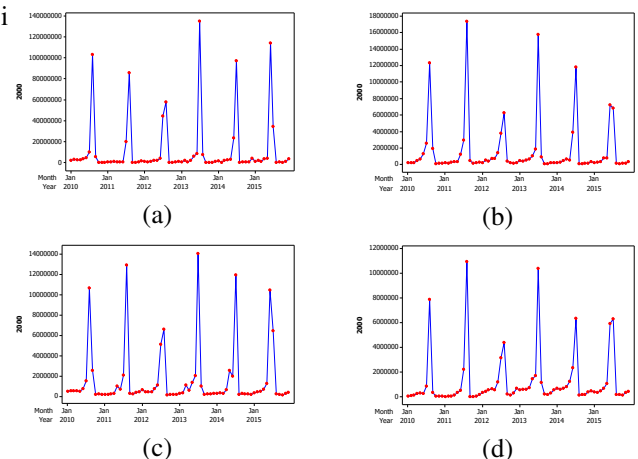
Karakteristik *outflow* uang pecahan 100 ribu dan 2 ribu mempunyai karakteristik yang berbeda. Grafik perubahan nilai *outflow* uang pecahan 100 ribu dan 2 ribu tiap bulan pada empat KPw BI ditunjukkan dengan *time series plot*.



Gambar 1. Time Series Plot Outflow Uang Pecahan Jenis 100 Ribu Pada (c) KPw Malang dan (d) KPw Jember (Lanjutan)

Gambar 1 menunjukkan bahwa perubahan tinggi rendahnya *outflow* uang pecahan 100 ribu mempunyai pola yang sama setiap tahunnya pada empat KPw BI, yaitu ketika *outflow* uang pecahan 100 ribu naik di suatu KPw maka KPw yang lain juga akan naik.

Perubahan *outflow* uang pecahan 2 ribu tiap bulan pada empat KPw BI di Jawa Timur ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Time Series Plot Outflow Uang Pecahan Jenis 2 Ribu Pada (a) KPw Surabaya, (b) KPw Kediri, (c) KPw Malang, (d) KPw Jember

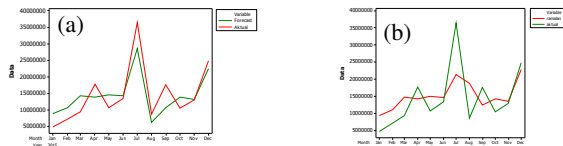
Gambar 2 menunjukkan bahwa perubahan nilai *outflow* uang pecahan 2 ribu mempunyai pola yang sama pada empat KPw BI di Jawa Timur. Saat nilai *outflow* uang pecahan 2 ribu di suatu KPw naik pada bulan tertentu, maka nilai *outflow* uang pecahan di KPw lain akan naik pada bulan yang sama. Nilai *outflow* uang pecahan 2 ribu yang ditunjukkan oleh Gambar 2 mengalami kenaikan yang tinggi sekitar bulan Hari Raya Idul Fitri.

B. Pemodelan Outflow Uang pecahan Secara Univariat

Pola data *outflow* uang pecahan 100 ribu dan 2 ribu mempunyai kenaikan yang tinggi saat periode tertentu. Berdasarkan Gambar 1 dan Gambar 2, efek Hari Raya Idul Fitri mempengaruhi tingginya *outflow* uang pecahan 100 ribu dan 2 ribu, sehingga dimodelkan secara univariat menggunakan *time series regression* dengan memasukan efek variasi kalender dan tanpa ada variasi kalender.

1) Pemodelan Outflow Uang Pecahan 100 Ribu

Perubahan pola data *outflow* uang pecahan 100 ribu mengalami kenaikan pada periode tertentu. Nilai tertinggi terjadi saat Hari Raya Idul Fitri bulan sebelum bulan Hari Raya Idul Fitri tersebut. Nilai tertinggi juga terjadi pada bulan terjadinya Natal yang mendekati tahun baru yaitu akhir tahun bulan Desember.

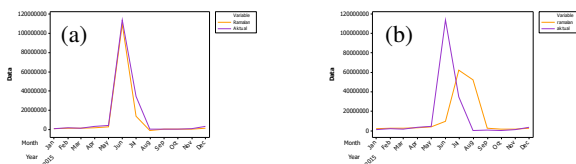


Gambar 3. Hasil Ramalan Data Out Sample Outflow Uang Pecahan 100 Ribu Menggunakan Time Series Regression (a) Efek Variasi Kalender dan (b) Tanpa Efek Variasi Kalender di KPw BI Surabaya

Gambar 3 menunjukkan bahwa hasil ramalan *outflow* uang pecahan 100 ribu yang ditunjukkan oleh warna merah mendekati data sebenarnya yang ditunjukkan oleh warna hijau untuk model *time series regression* dengan efek variasi kalender. Hasil ramalan mampu menangkap kejadian Hari Raya Idul Fitri yang terjadi pada bulan Juli 2015 dan Natal pada desember 2015 serta mampu mengikuti pola data sebenarnya. Untuk hasil ramalan tanpa menggunakan efek variasi kalender belum mampu mengikuti pola data sebenarnya.

2) Pemodelan Outflow Uang Pecahan 2 Ribu

Pemodelan *outflow* uang pecahan 2 ribu menggunakan *time series regression* dengan memasukan efek variasi kalender. Variasi kalender yang terjadi pada nilai *outflow* uang pecahan 2 ribu yaitu bulan terjadinya Hari Raya Idul Fitri dan bulan sebelum terjadinya Hari Raya Idul Fitri.



Gambar 4. Hasil Ramalan Data Out Sample Outflow Uang Pecahan 2 Ribu Menggunakan Time Series Regression (a) Efek Variasi Kalender dan (b) Tanpa Efek Variasi Kalender di KPw BI Surabaya

Gambar 4 menunjukkan bahwa hasil ramalan *outflow* uang pecahan 2 ribu yang ditunjukkan oleh warna oranye mendekati data sebenarnya untuk model *time series regression* menggunakan efek variasi kalender mampu mengikuti pola data sebenarnya dan mampu menangkap kejadian Hari Raya Idul Fitri. Hasil ramalan belum mampu mengikuti pola data sebenarnya untuk model *time series regression* tanpa efek variasi kalender yang ditunjukkan oleh Gambar 4 (b).

C. Pemodelan Outflow Uang pecahan Menggunakan GSTAR

Outflow uang pecahan 100 ribu dan 2 ribu dimodelkan secara multivariat menggunakan GSTAR-SUR dengan bobot lokasi normalisasi korelasi silang. Data yang digunakan untuk pemodelan merupakan data *in sample* dengan periode Januari 2010-Desember 2014.

1) Pemodelan Outflow Uang Pecahan 100 Ribu

Tahap awal yang dilakukan dalam melakukan pemodelan *outflow* uang pecahan 100 ribu adalah mengevaluasi stasioner data secara multivariat menggunakan plot MCCF. Berdasarkan plot MCCF data *outflow* uang pecahan 100 ribu telah stasioner, sehingga tidak dilakukan differencing pada data tersebut. Model yang terbentuk berdasarkan plot MPCCF dan nilai AIC terkecil adalah GSTAR-SUR ([21]). Nilai bobot normalisasi korelasi silang pada lag 2 yaitu

$$W(2) = \begin{bmatrix} 0 & 0,42575 & 0,24681 & 0,32744 \\ 0,31117 & 0 & 0,31140 & 0,37743 \\ 0,27535 & 0,40067 & 0 & 0,32398 \\ 0,38869 & 0,51131 & 0,1000 & 0 \end{bmatrix}$$

Hasil estimasi parameter menunjukkan bahwa model GSTAR-SUR ([21]) untuk *outflow* uang pecahan 100 ribu, dari 8 parameter terdapat 4 parameter yang berpengaruh signifikan karena nilai *Pvalue* kurang dari α (0,1). Hasil estimasi menggunakan parameter yang signifikan ditunjukkan pada Tabel 1.

TABEL 1. ESTIMASI PARAMETER MODEL GSTAR-SUR (1₁)-I(1)¹² OUTFLOW UANG PECAHAN 100 RIBU MENGGUNAKAN PARAMETER SIGNIFIKAN

Lokasi	Parameter	Estimasi	Nilai t	Pvalue
Surabaya	$\phi_{10}^{(2)}$	0,70926	8,29	<0,0001 ^{*)}
Kediri	$\phi_{21}^{(2)}$	0,77620	8,21	<0,0001 ^{*)}
Malang	$\phi_{31}^{(2)}$	0,35481	6,50	<0,0001 ^{*)}
Jember	$\phi_{41}^{(2)}$	0,24199	8,15	<0,0001 ^{*)}

Keterangan : ^{*)} Berpengaruh signifikan pada $\alpha = 10\%$

Tabel 1 menunjukkan bahwa semua parameter berpengaruh signifikan pada α (0,1). Berdasarkan hasil estimasi parameter yang ditunjukkan pada Tabel 4 dapat dibentuk persamaan model GSTAR-SUR ([21]) untuk meramalkan *outflow* uang pecahan di KPw Surabaya, KPw Kediri, KPw Malang, dan KPw Jember.

a) Model GSTAR-SUR ([21]) *outflow* uang pecahan 100 ribu di KPw Surabaya

$$Z_{1,1}(t) = 0,70926Z_{1,1}(t-2) + a_{1,1}(t)$$

b) Model GSTAR-SUR ([21]) *outflow* uang pecahan 100 ribu di KPw Kediri

$$Z_{2,1}(t) = 0,24153Z_{1,1}(t-2) + 0,24171Z_{3,1}(t-2) + 0,29296Z_{4,1}(t-2) + a_{2,1}(t)$$

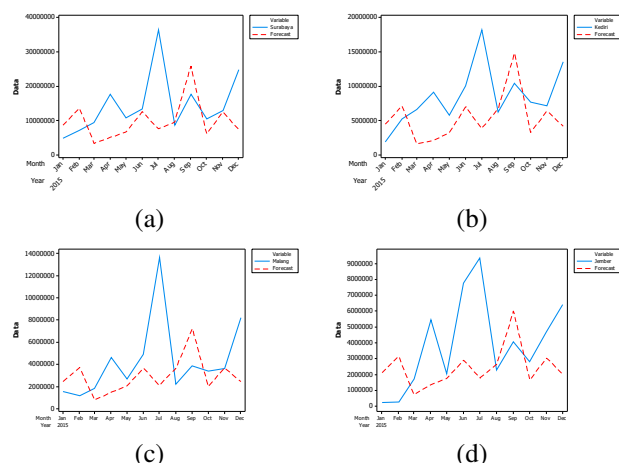
c) Model GSTAR-SUR ([21]) *outflow* uang pecahan 100 ribu di KPw Malang

$$Z_{3,1}(t) = 0,0977Z_{1,1}(t-2) + 0,14216Z_{2,1}(t-2) + 0,11495Z_{4,1}(t-2) + a_{3,1}(t)$$

d) Model GSTAR-SUR ([21]) *outflow* uang pecahan 100 ribu di KPw Jember

$$Z_{4,1}(t) = 0,09406Z_{1,1}(t-2) + 0,12373Z_{2,1}(t-2) + 0,0242Z_{3,1}(t-2) + a_{4,1}(t)$$

Berdasarkan persamaan model GSTAR-SUR ([21]) dengan parameter yang signifikan, maka dapat dilakukan peramalan terhadap data *out sample outflow* uang pecahan 100 ribu di empat KPw periode Januari 2015-Desember 2015. Hasil peramalan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 5. Hasil Peramalan Data Out Sample Outflow Uang Pecahan 100 Ribu Menggunakan Parameter Signifikan di KPw (a) Surabaya, (b) Kediri, (c) Malang, dan (d) Jember

Peramalan *outflow* uang pecahan 100 Ribu tiap KPw BI di Jawa Timur ditunjukkan oleh garis putus-putus sedangkan data sebenarnya ditunjukkan oleh garis lurus. Berdasarkan Gambar 5 hasil peramalan memberikan hasil yang cukup jauh dengan data sebenarnya. Beberapa periode belum bisa diramalkan secara tepat.

2) Pemodelan Outflow Uang Pecahan 2 Ribu

Plot *MCCF* menunjukkan adanya pola musiman 12 dan belum stasioner dalam musiman, sehingga dilakukan *differencing* 12. Plot *MPCCF* menunjukkan bahwa model yang didapat yaitu *GSTAR-SUR* $(1_1)-I(1)^{12}$. *Bobot* yang digunakan yaitu *bobot normalisasi korelasi silang* pada lag 1 dengan nilai

$$W(1) = \begin{bmatrix} 0 & -0,31509 & -0,36858 & -0,31633 \\ -0,36329 & 0 & -0,37836 & -0,25835 \\ -0,34637 & -0,33622 & 0 & -0,31741 \\ -0,37543 & -0,24921 & -0,37537 & 0 \end{bmatrix}$$

Hasil estimasi parameter model *GSTAR-SUR* $(1_1)-I(1)^{12}$ ditunjukkan pada Tabel 2.

TABEL 2. ESTIMASI PARAMETER MODEL *GSTAR-SUR* $(1_1)-I(1)^{12}$ *OUTFLOW* UANG PECAHAN 2 RIBU MENGGUNAKAN PARAMETER SIGNIFIKAN

Lokasi	Parameter	Estimasi	Nilai t	Pvalue
Surabaya	$\phi_{10}^{(1)}$	-0,37887	-2,77	0,0081 ^{*)}
Kediri	$\phi_{21}^{(1)}$	0,11492	2,23	0,0308 ^{*)}
Malang	Tidak ada parameter yang signifikan			
Jember	$\phi_{40}^{(1)}$	0,14396	1,93	0,0600 ^{*)}
	$\phi_{41}^{(1)}$	0,09634	2,79	0,0077 ^{*)}

Keterangan : ^{*)} Berpengaruh signifikan pada $\alpha = 10\%$

Tabel 2 menunjukkan hanya 4 parameter yang berpengaruh signifikan dan di KPw Malang tidak ada parameter yang signifikan dengan nilai *Pvalue* kurang dari α (0,1), dapat dibentuk persamaan *GSTAR-SUR* $(1_1)-I(1)^{12}$ untuk meramalkan *outflow* uang pecahan 2 ribu di KPw Surabaya, Kediri, Malang, dan Jember.

a) Model *GSTAR-SUR* $(1_1)-I(1)^{12}$ *outflow* uang pecahan 2 ribu di KPw Surabaya

$$Z_{1,2}(t) = Z_{1,2}(t-12) - 0,37887Z_{1,2}(t-1) + 0,37887Z_{1,2}(t-13) + a_{1,2}(t)$$

b) Model *GSTAR-SUR* $(1_1)-I(1)^{12}$ *outflow* uang pecahan 2 ribu di KPw Kediri

$$Z_{2,2}(t) = Z_{2,2}(t-12) - 0,04175Z_{1,2}(t-1) + 0,04175Z_{1,2}(t-13) - 0,04349Z_{3,2}(t-1) + 0,04349Z_{3,2}(t-13) - 0,02969Z_{4,2}(t-1) + 0,02969Z_{4,2}(t-13) + a_{2,2}(t)$$

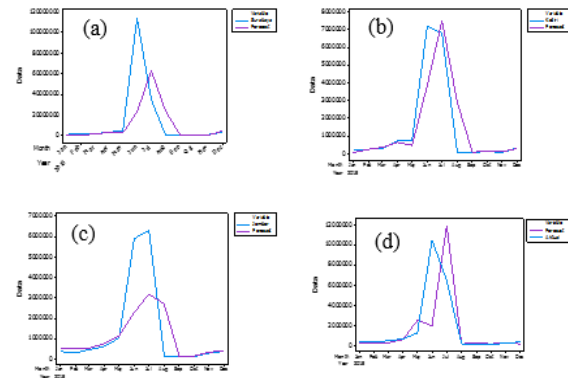
c) Model *GSTAR-SUR* $(1_1)-I(1)^{12}$ *outflow* uang pecahan 2 ribu di KPw Malang

$$Z_{3,2}(t) = Z_{3,2}(t-12) + a_3(t)$$

d) Model *GSTAR-SUR* $(1_1)-I(1)^{12}$ *outflow* uang pecahan 2 ribu di KPw Jember

$$Z_{2,2}(t) = Z_{4,2}(t-12) + 0,14396Z_{4,2}(t-1) - 0,14396Z_{4,2}(t-13) - 0,03617Z_{1,2}(t-1) + 0,03617Z_{1,2}(t-13) - 0,02400Z_{2,2}(t-1) + 0,02400Z_{2,2}(t-13) - 0,03616Z_{3,2}(t-1) + 0,03616Z_{3,2}(t-13) + a_{4,2}(t)$$

Hasil peramalan data *out sample* untuk persamaan model *GSTAR-SUR* $(1_1)-I(1)^{12}$ selama Januari-Desember 2015 ditunjukkan oleh Gambar 4.



Gambar 6. Hasil Peramalan Data *Out Sample Outflow* Uang Pecahan 2 Ribu Menggunakan Parameter Signifikan di (a) KPw Surabaya, (b) KPw Kediri, (c) KPw Jember

Gambar 6 menunjukkan hasil ramalan data *out sample outflow* uang pecahan 2 ribu di masing-masing KPw kecuali Malang, yang ditunjukkan oleh garis putus-putus. Hasil ramalan cukup jauh dengan data sebenarnya, terlihat dari hasil ramalan yang tidak tepat pada periode tertentu. Model belum dapat menangkap pola data sebenarnya.

D. Menentukan Model Terbaik

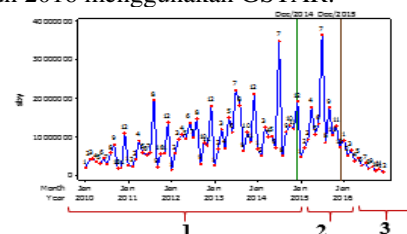
Menentukan hasil ramalan yang baik menggunakan nilai *RMSE out sample* terkecil dengan membandingkan antara model univariat dan multivariat. Model yang dibandingkan yaitu model *time series regression* tanpa efek variasi kalender dan model *GSTAR*. Tabel 5 menunjukkan perbandingan nilai *RMSE out sample*.

TABEL 3. NILAI *RMSE OUT SAMPLE* MODEL *TIME SERIES REGRESSION* TANPA EFEK VARIASI KALENDER DAN MODEL *GSTAR*

KPw	100 ribu		2 Ribu	
	<i>Time Series Regression</i>	<i>GSTAR</i>	<i>Time Series Regression</i>	<i>GSTAR</i>
Surabaya	6.264.609 ^{*)}	11.135.907	34.655.334	28.393.230 ^{*)}
Kediri	2.660.096 ^{*)}	6.012.533	2.594.995	1.282.606 ^{*)}
Malang	2.241.116 ^{*)}	4.102.693	3.177.950	2.946.936 ^{*)}
Jember	1.833.172 ^{*)}	3.397.605	1.987.173	1.565.309 ^{*)}
Total	3.249.748^{*)}	6.162.185	10.603.863	8.547.020^{*)}

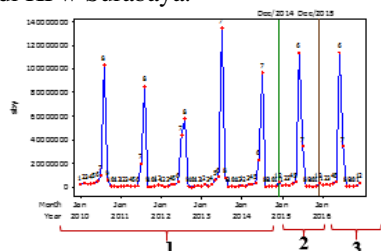
Keterangan : ^{*)} Nilai *RMSE Out Sample* terkecil

Tabel 3 memberikan informasi bahwa model univariat *time series regression* tanpa variasi kalender lebih baik meramalkan *outflow* uang pecahan 100 ribu dibandingkan model multivariat *GSTAR*. Untuk *outflow* uang pecahan 2 ribu lebih baik diramalkan menggunakan model multivariat *GSTAR*, hal tersebut didasarkan pada nilai *RMSE out sample*. Dapat dijelaskan bahwa model *GSTAR* lebih baik meramalkan *outflow* uang pecahan 2 ribu, tetapi kedua model tersebut belum mampu meramalkan secara tepat. Selanjutnya dilakukan peramalan terhadap *outflow* uang pecahan 100 ribu dan 2 ribu tahun 2016 menggunakan *GSTAR*.



Gambar 7. Hasil ramalan *Outflow* Uang Pecahan 100 Ribu Tahun 2016 di KPw Surabaya

Gambar 7 menunjukkan bahwa bagian 1 merupakan pola data *in sample*, 2 merupakan pola data *out sample*, dan 3 merupakan pola data ramalan tahun 2016. Ditunjukkan bahwa hasil ramalan tahun 2016 untuk *outflow* uang pecahan 100 ribu mengalami tren turun dari periode sebelumnya, hal ini menunjukkan bahwa model GSTAR kurang baik meramalkan *outflow* uang pecahan 100 ribu di KPw Surabaya.



Gambar 8. Hasil ramalan *Outflow* Uang Pecahan 2 Ribu Tahun 2016 di KPw Surabaya

Gambar 8 menunjukkan bahwa hasil ramalan tahun 2016 untuk *outflow* uang pecahan 2 ribu yaitu bagian no 3 memiliki pola yang sama dengan periode sebelumnya. Hasil ramalan menunjukkan bahwa *outflow* uang pecahan 2 ribu di KPw Surabaya mempunyai jumlah yang tinggi pada bulan Juni 2016, dimana bulan tersebut bulan sebelum terjadinya hari Raya Idul Fitri yaitu bulan Juli 2016. Model GSTAR cukup mampu meramalkan *outflow* uang pecahan 2 ribu pada tahun 2016.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa pola perubahan data *outflow* uang pecahan 100 ribu dan 2 ribu tiap bulan mempunyai pola yang sama antara empat KPw BI di Jawa Timur. Model *Time Series Regression* tanpa efek variasi kalender lebih baik memodelkan *outflow* uang pecahan 100 ribu di empat KPw BI Jawa Timur, sedangkan model GSTAR lebih baik memodelkan *outflow* uang pecahan 2 ribu.

Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan GSTARX untuk meramalkan *outflow* uang pecahan di KPw BI wilayah Jawa Timur karena terdapat pola variasi kalender pada data *outflow* uang pecahan di Jawa Timur dan hasil ramalan lebih tepat meskipun secara univariat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Indonesia, "Bank Indonesia," (2015). [Online]. Tersedia: <http://www.bi.go.id/Publika>. [Diakses 12 Februari 2016].
- [2] E. Jaen, "Radio Republik Indonesia," (2014). [Online]. Tersedia: http://www.rri.co.id/surabaya/post/berita/98328/ekonomi/peredaran_uang_selama_lebaran_di_jawa_timur.html. [Diakses 28 Juni 2016].
- [3] A. Karomah and Suhartono, "Peramalan Netflow Uang kartal dengan Model Variasi Kalender dan Model Autoregressive Distributed Lag (ARDL)," *Sains dan Seni POMITS*, vol. 3, pp. 103-108, (2014).
- [4] Y. T. Sofia, "Model Pengganda Uang Untuk Menentukan Jumlah Uang Beredar di Indonesia Menggunakan Model ARIMA Komponen," *Statistika*, vol. 9, pp. 25-32, (2009).
- [5] Suhartono. and R. M. Atok, "Perbandingan antara Model GSTAR dan VARIMA untuk Peramalan data Deret Waktu dan lokasi," *Dipresentasikan pada seminar nasional Statistika*, pp. 1-10, (2005).
- [6] B. N. Ruchjana, S. A. Borovkova and H. P. Lopuhaa, "Least Square Estimation of Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR) Model and Its Properties," *The 5th International Conference Research and Education in Mathematics AIP Conf. Proc. 1450*, pp. 61-64, (2012).
- [7] Suhartono. and R. M. Atok, *Pemilihan Bobot Lokasi yang Optimal pada Model GSTAR*, Semarang: Universitas Negeri Semarang, (2006).
- [8] Suhartono. dan Subanar. , "The Optimal Determination of Space Weight in GSTAR Model by Using Crosscorrelation Inference," *Mathematical and Statistical Application in Various Field*, vol. 2, pp. 45-53, (2006).
- [9] G. E. Box, G. M. Jenkins and G. Reinsel, *Time series Analysis Forecasting and Control Four Edition*, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, (2008).
- [10] W. W. Wei, *Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods*, United State of America: Pearson Education, (2006).